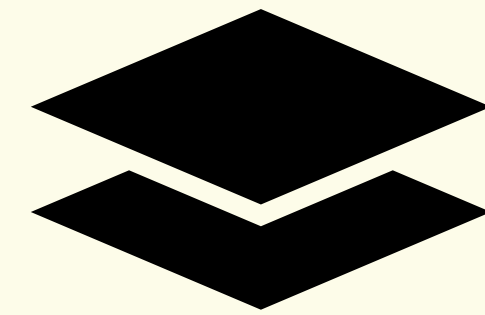


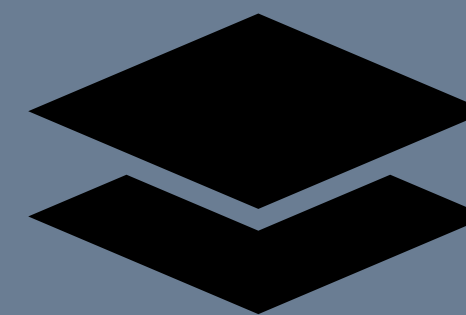
Felületi rétegek, bevonatok jellemzőinek vizsgálata



PhD hallgató : Oláh Ferenc

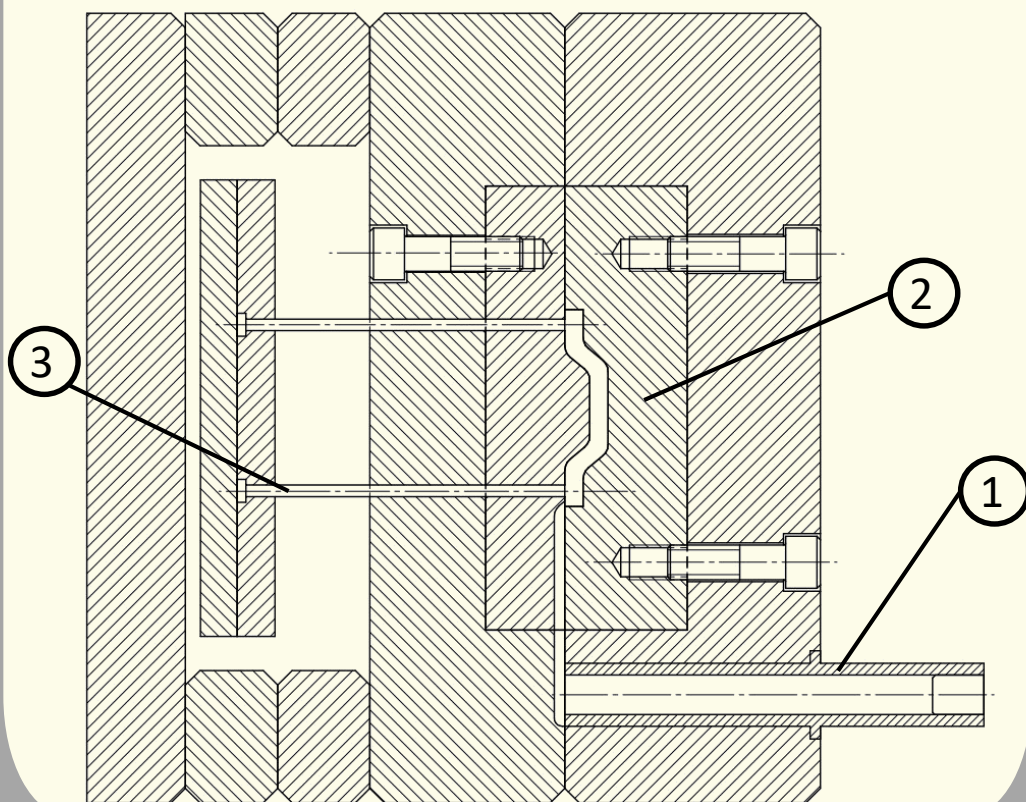
Témavezető : Dr. Horváth Richárd

Bevezetés



Nitridált kéreg használata

- Támasztó réteg + PVD
 - Önálló kéreg
- Azonos szerszámacélok esetén eltérő felületi keménységre



Feltételezés:

Nitridált réteg minősítése, növekvő terheléssel felvett keménységmérési sorozattal elvégezhető

1. Töltőhenger (42-48 HRC nitridálva)
2. Betétek (44-48 HRC)
3. Kilökő (46-50 HRC nitridálva)

Célkitűzések

- Előzetes vizsgálat a keménységmérés során kialakuló zónákról
- ECM model (Lawn) [1]
 - Brinell keménységmérés(VEM)
- Vickers – 3D -> 2D
- Nitrid réteg minősítése

[1] Lawn, B. R., Evans, A. G., & Marshall, D. B. (1980). Elastic/plastic indentation damage in ceramics: the median/radial crack system. *Journal of the American Ceramic Society*, 63(9-10), 574-581.

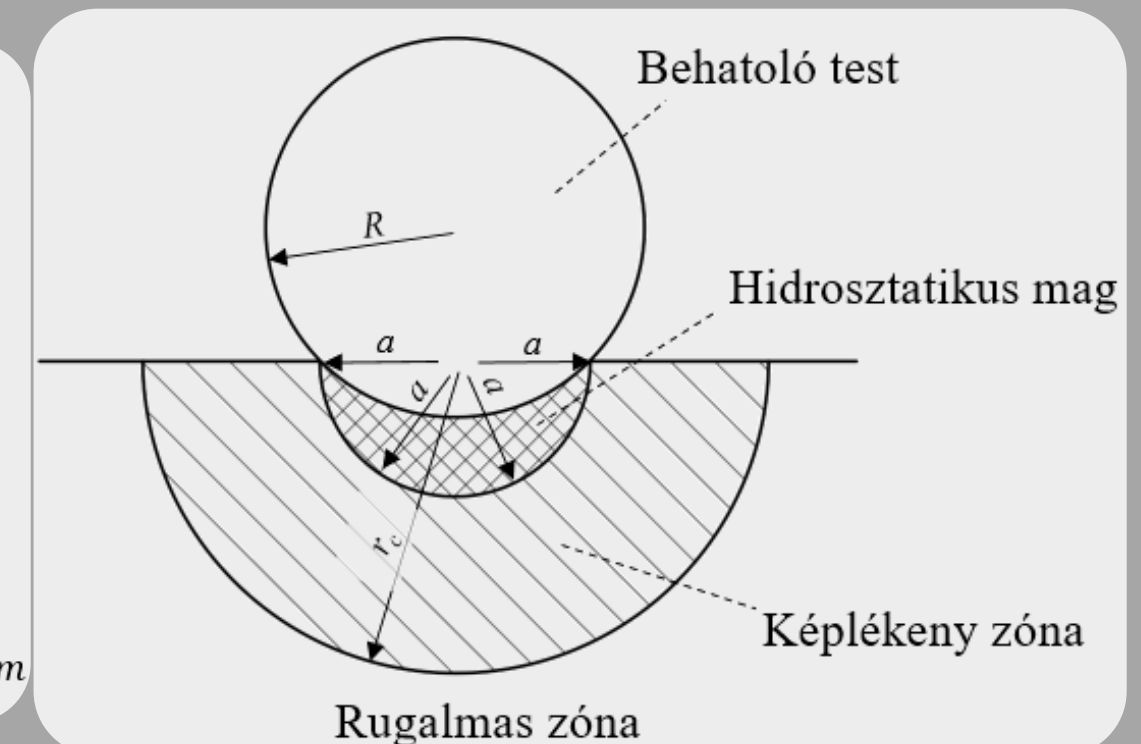
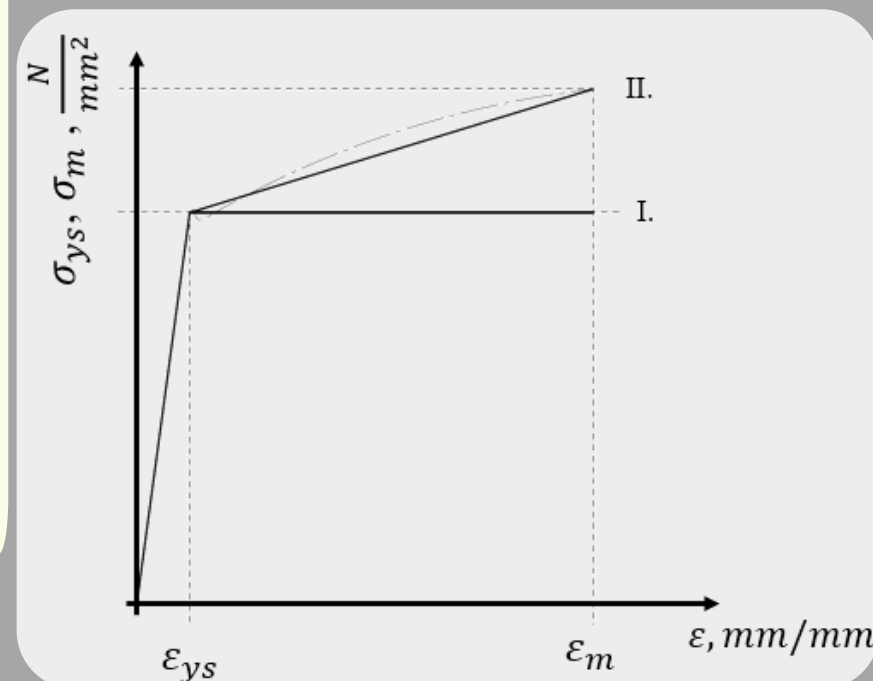
Végeselemes vizsgálatok

- Növekvő üreg model (Lawn) [1]
- Hidrosztatikus mag az I. skalár invariáns függvénye [2]
- Plasztikus zóna, meghatározható a képlékeny alakváltozási sebesség tekintetében, ahol az 0, [3] illetve Tresca elve alapján [2]
- Brinell keménység
- Eltérő zónák kialakulása különböző anyagmodellek esetén (I. rugalmas-tökéletesen képlékeny, II. bilineáris keményedő anyagmodell)

$$I_1 = \frac{\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3}{3} \geq \sigma_{ys} \quad (1)$$

$$\varepsilon_0^P = \frac{\sqrt{2}}{3} \left[(\varepsilon_x^P - \varepsilon_y^P)^2 + (\varepsilon_y^P - \varepsilon_z^P)^2 + (\varepsilon_z^P - \varepsilon_x^P)^2 + 6(\varepsilon_{xy}^P)^2 + 6(\varepsilon_{yz}^P)^2 + 6(\varepsilon_{xz}^P)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \geq 0 \quad (2)$$

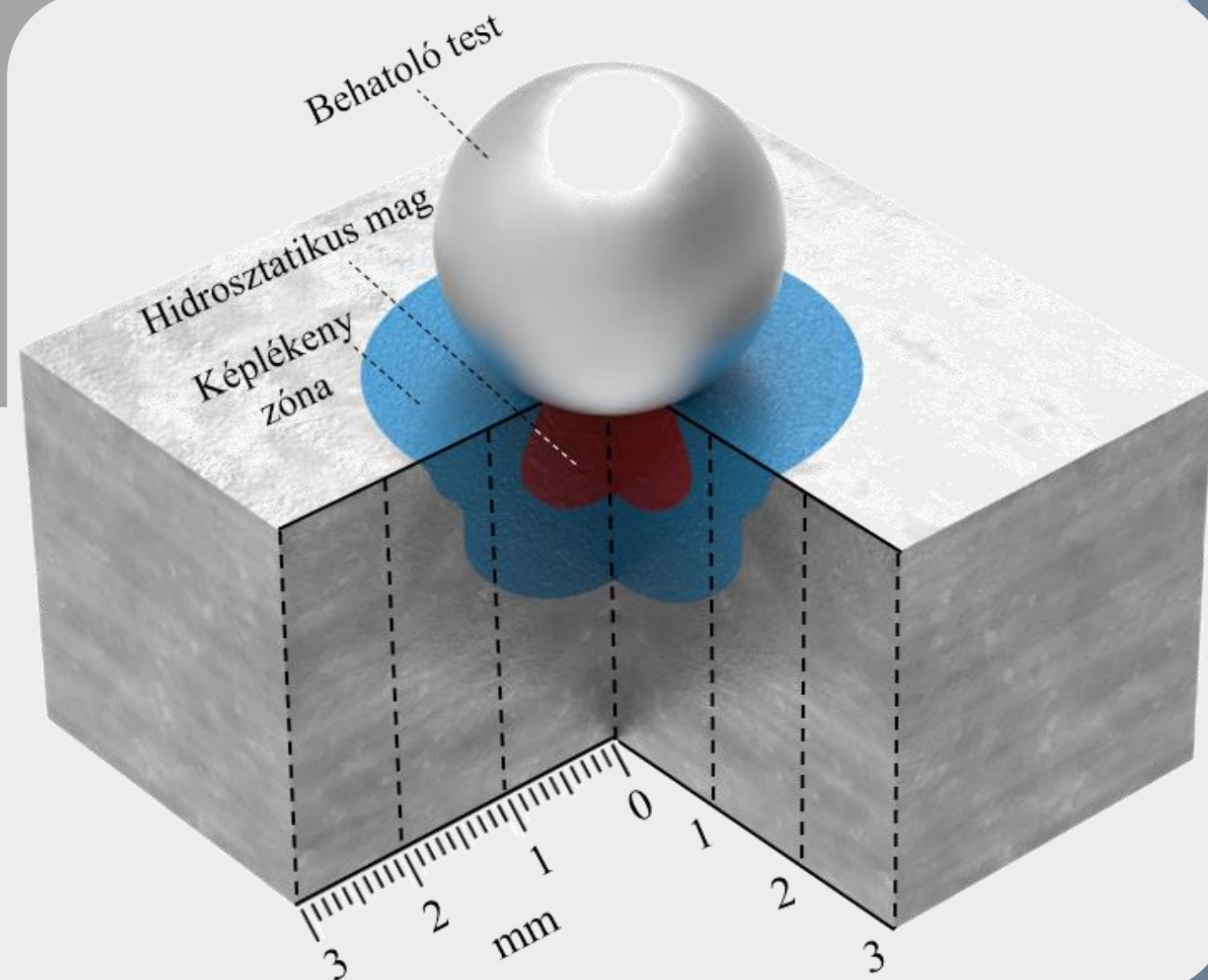
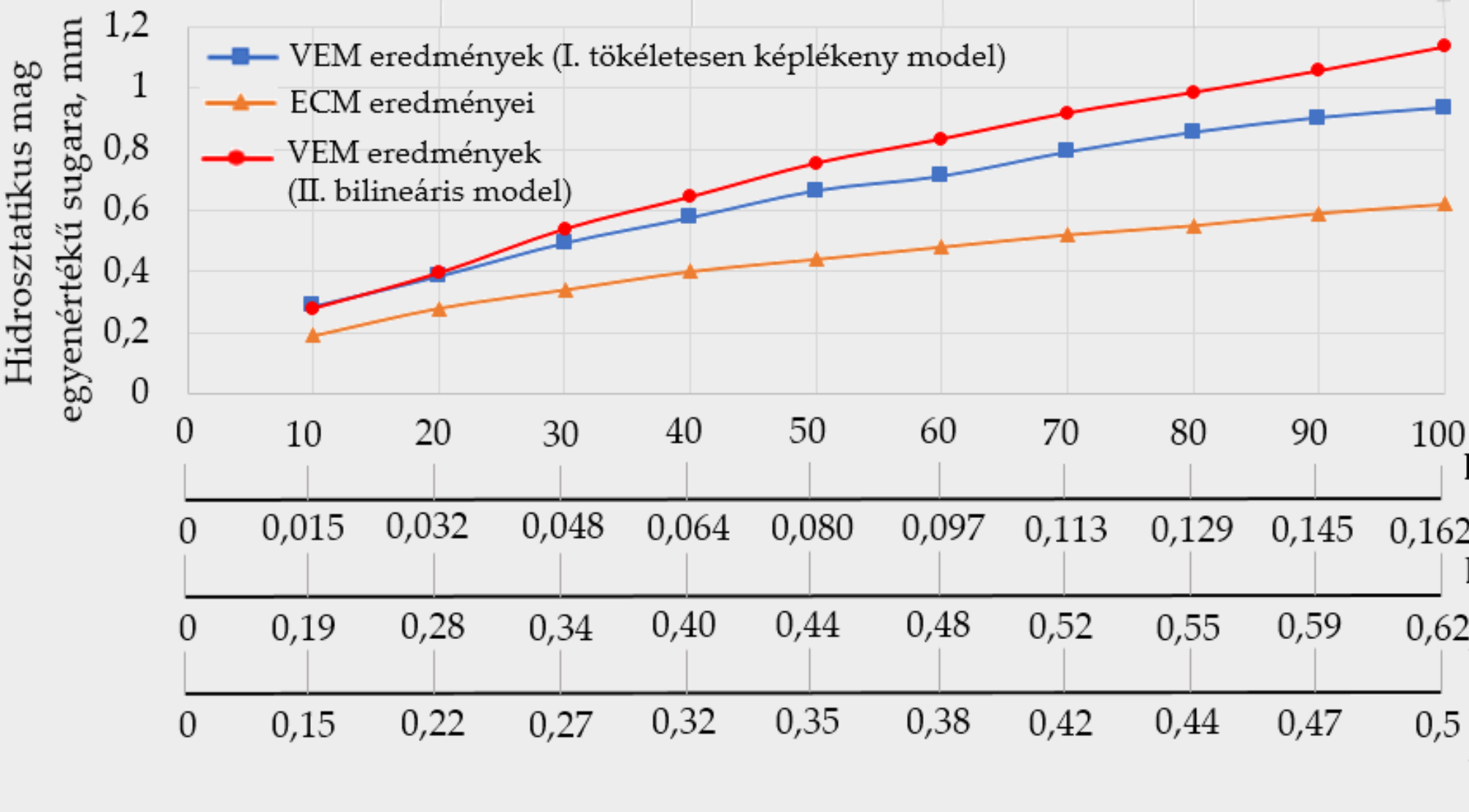
$$\tau_m = \tau_s = \frac{\sigma_{max}}{2} \quad (3)$$



Brinell

A hidrosztatikus mag mérete és alakja VEM eredmények alapján

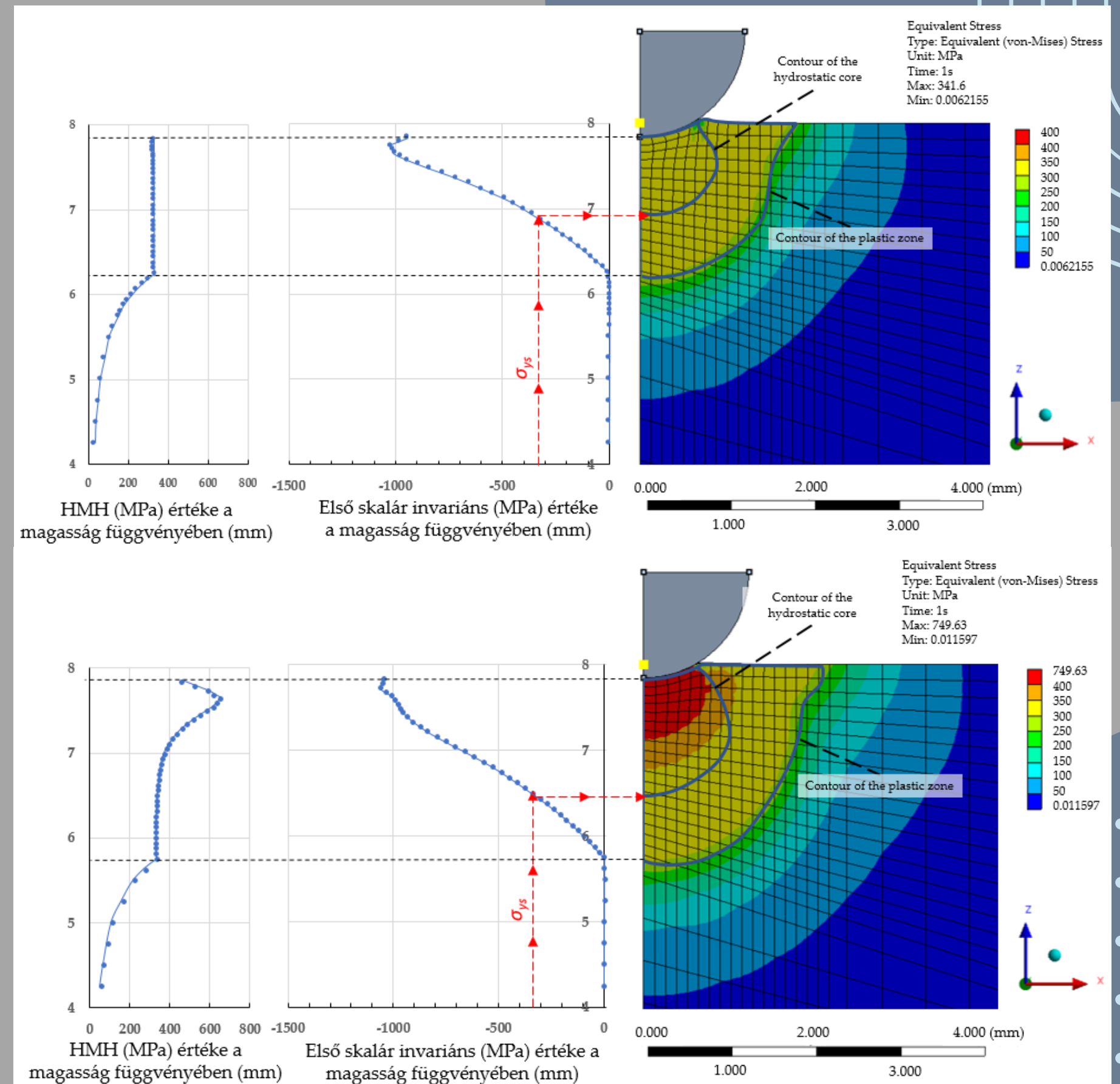
- I. Tökéletesen képlékeny model
- II. Bilineáris model



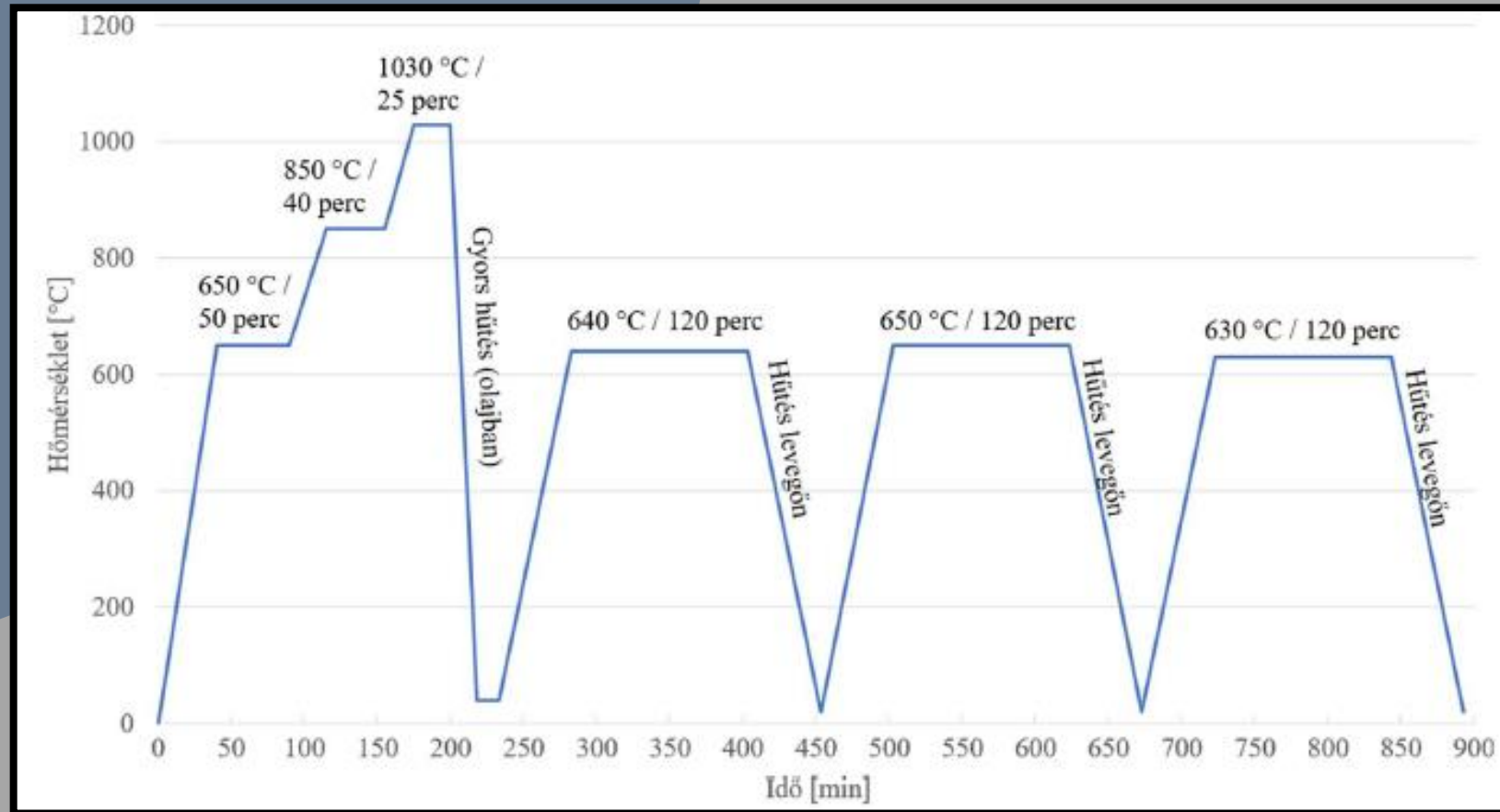
Bilineáris anyagmodellek közti különbség

Anyagmodellek alkalmazása:

- Rugalmas-képlékeny anyagmodell használata
- A nitridált réteg és az alapanyag közötti átmeneti zóna mechanikai tulajdonságainak leírása lehetséges a módszerrel
- A nitridált réteg többrétegű modellezése szükséges
- Áttérés a 3D-re szükséges



Mintadarabok előkészítése



X40CrMoV5-1

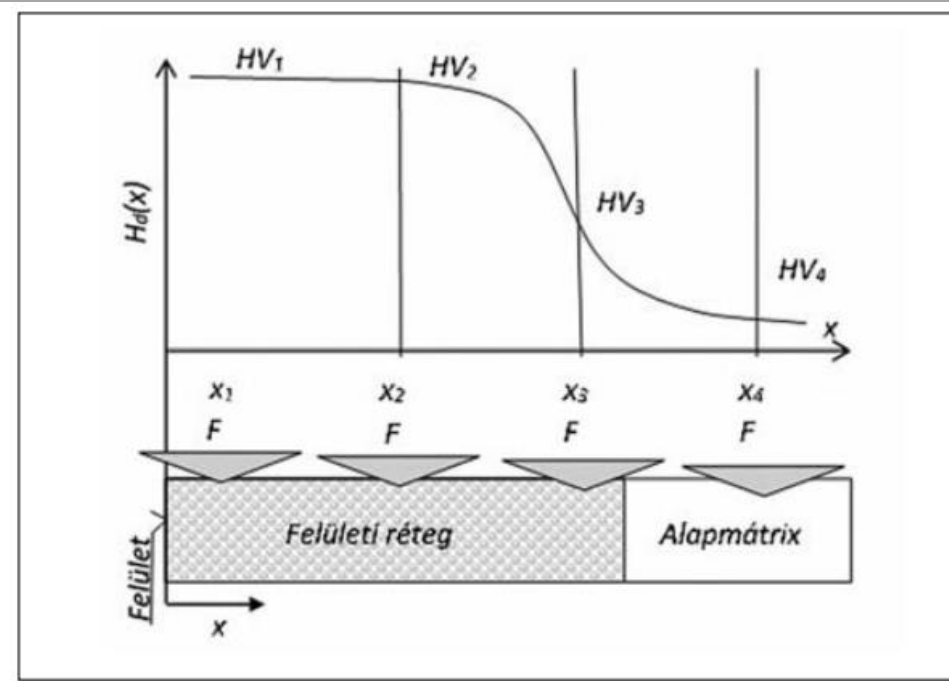
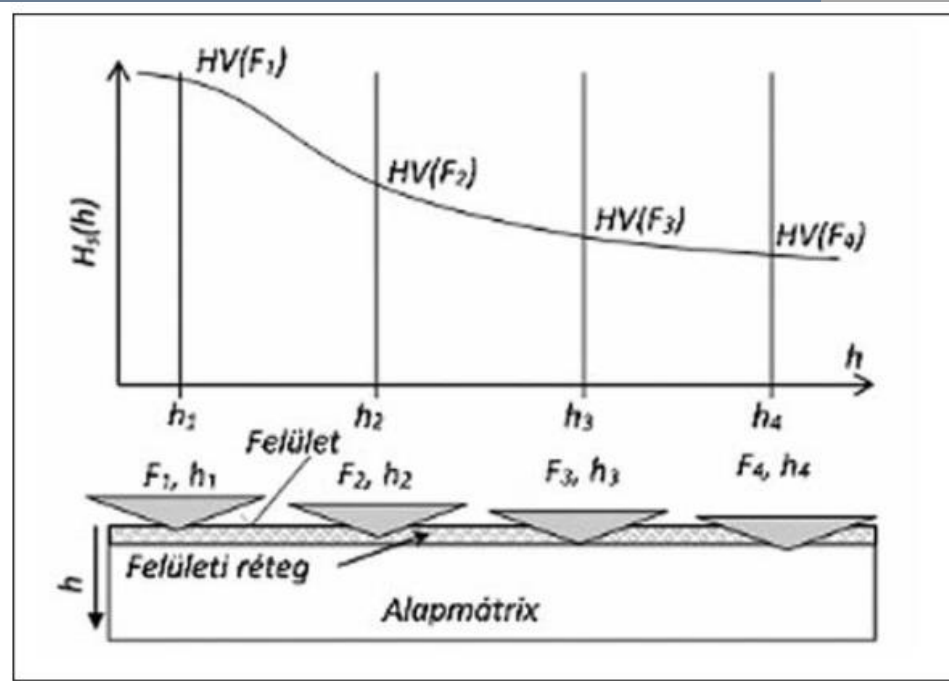
gyártói előírásoknak megfelelően

	1 óra	2 óra	4 óra	8 óra
40 HRC	1.1	1.2	1.4	1.8
45 HRC	2.1	2.2	2.4	2.8
50 HRC	3.1	3.2	3.4	3.8



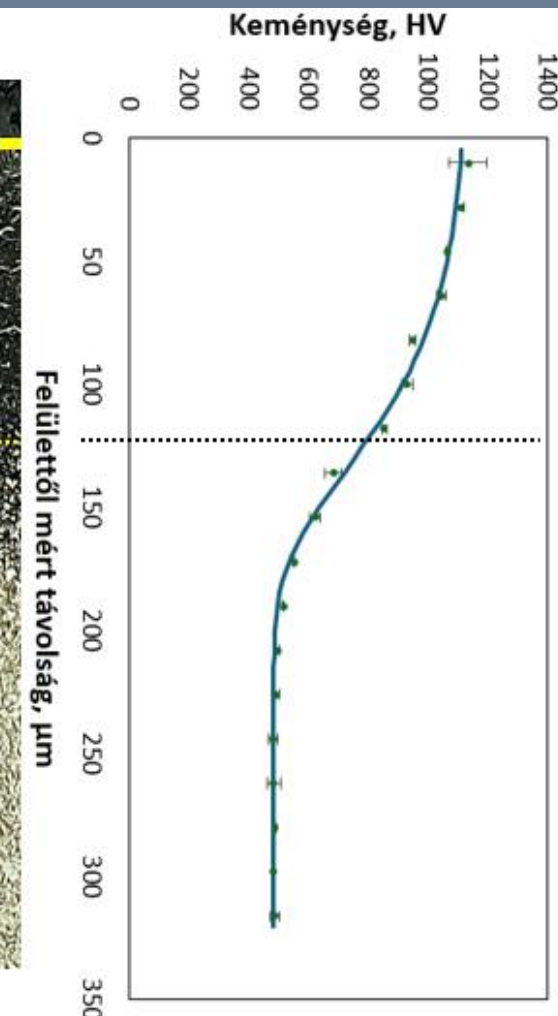
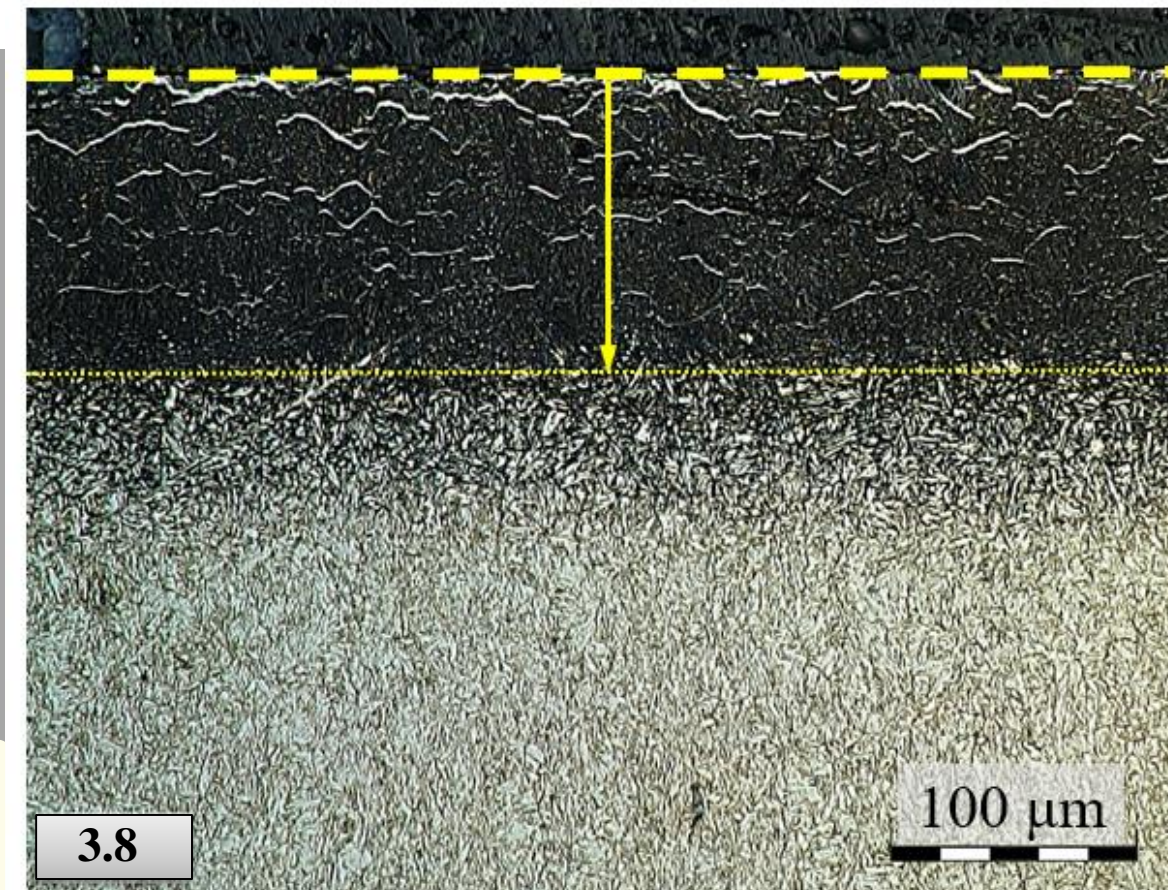
	1 – 39,5 HRC	2 – 46 HRC	3 – 51 HRC
1 – 60 min			
2 – 120 min			
4 – 240 min			
8 – 480 min			

Nitridált felületek minősítése



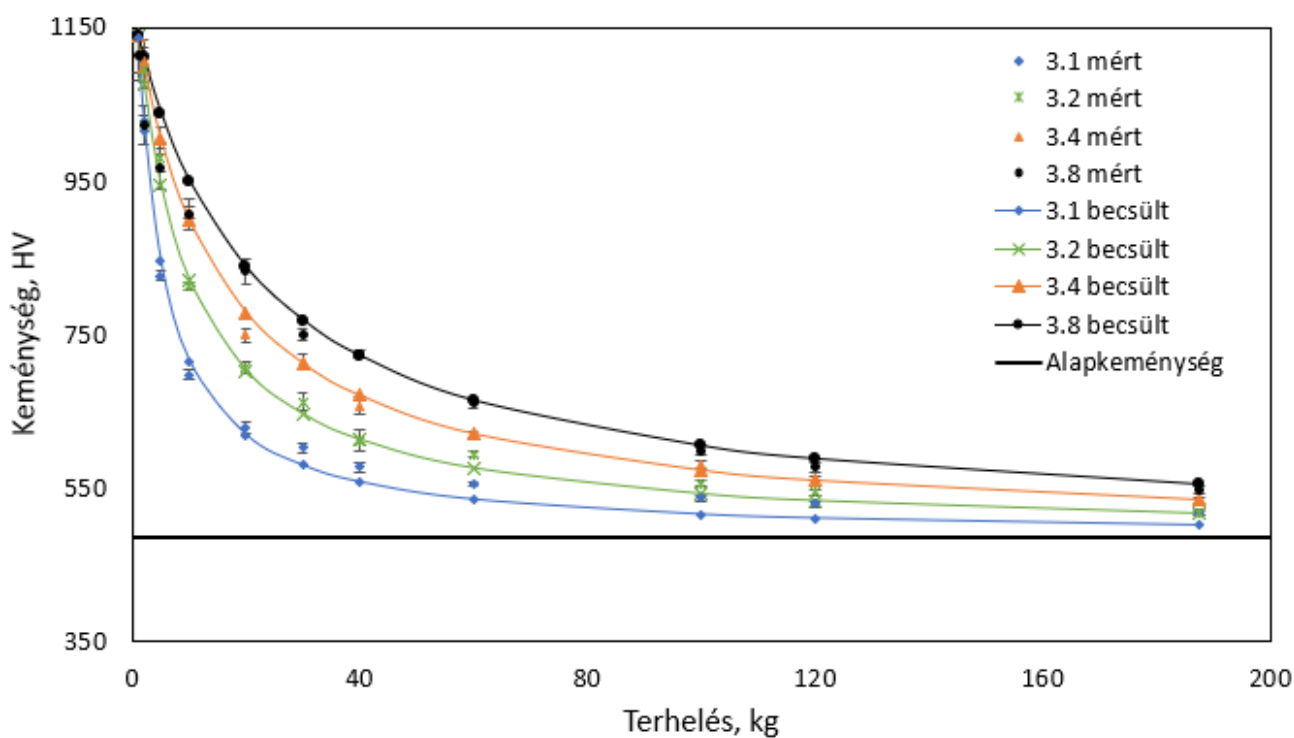
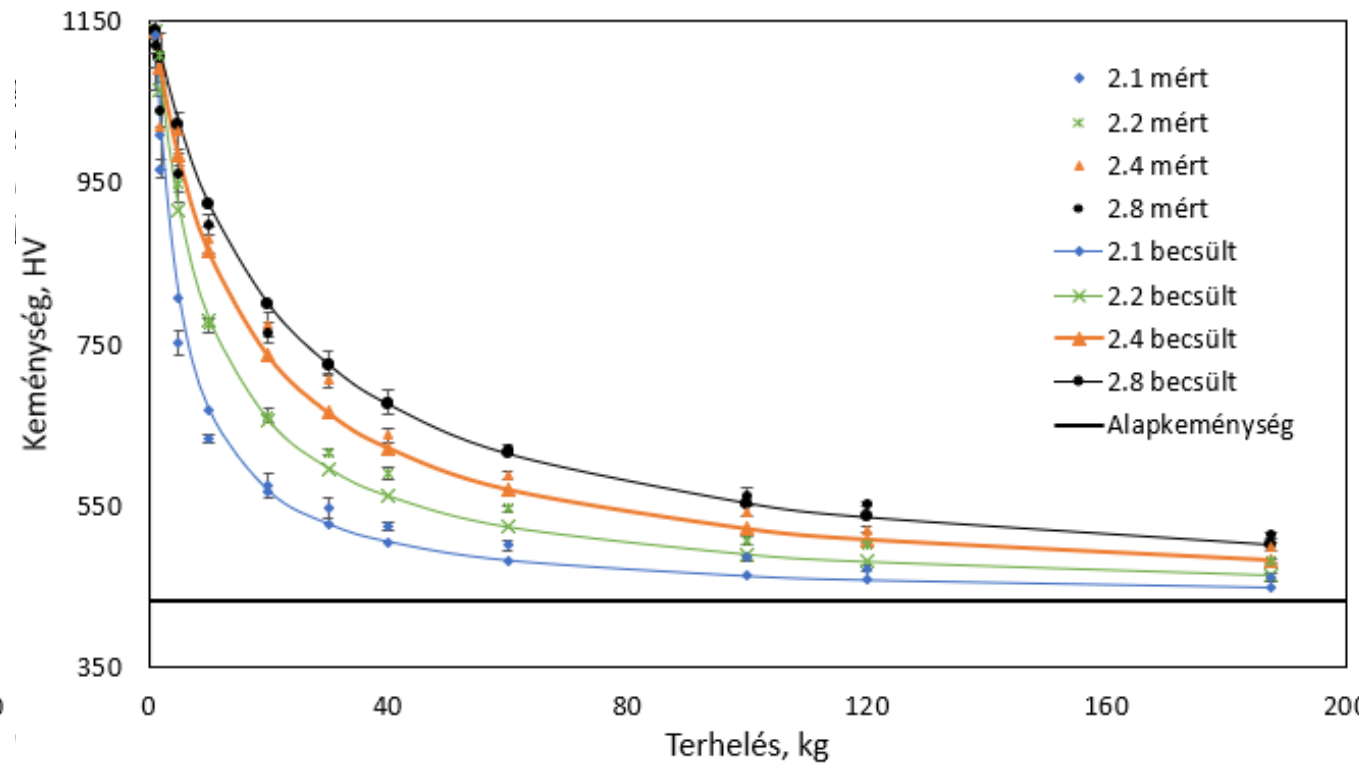
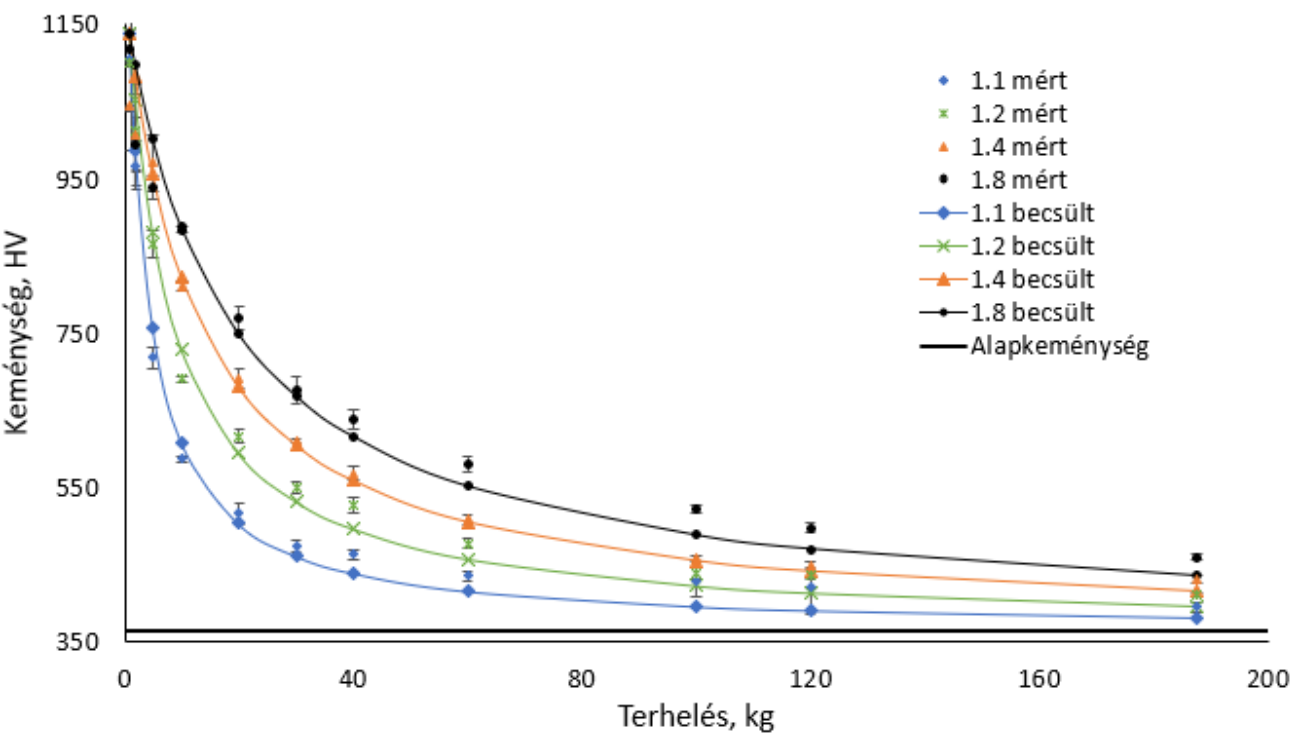
- Nitridált réteg keresztmetszeti vizsgálata
- Függvény illesztés
- Sigmoid? -> Boltzmann ? -> **Gompertz!**

Felületi növekvő terheléssel felvett keménységmérési görbe és az állandó terheléssel felvett keresztirányú mikrokeménység görbék között kapcsolat van, így a bevonati, felületi rétegek vastagságának jellemzése növekvő indentációs terhelés mellett jellemezhető.



Réger, M., Horváth, R., Széll, A., Réti, T., Gonda, V., & Felde, I. (2021). The Relationship between Surface and In-Depth Hardness for the Nitrocarburizing Treatment Process. *METALS*, 11(5).

Felületi mérés - becslés



HV - a becsült Vickers keménység;

$C_0 - 1$; C_1 - a hiperbola görbületét meghatározó paraméter;

F - keménységmérésnél alkalmazott terhelő erő, N;

HV_1 - maximális keménység (nitridált réteg);

HV_2 - minimális keménység (alapanyag keménysége);

C_2 - maximális keménység (HV_1) (nitridált réteg) és a minimális keménység (HV_2) (alapanyag) által meghatározott konstans;

C_3 - alapanyag keménység (HV_2);

K_1 és K_2 - mérések alapján meghatározott állandó;

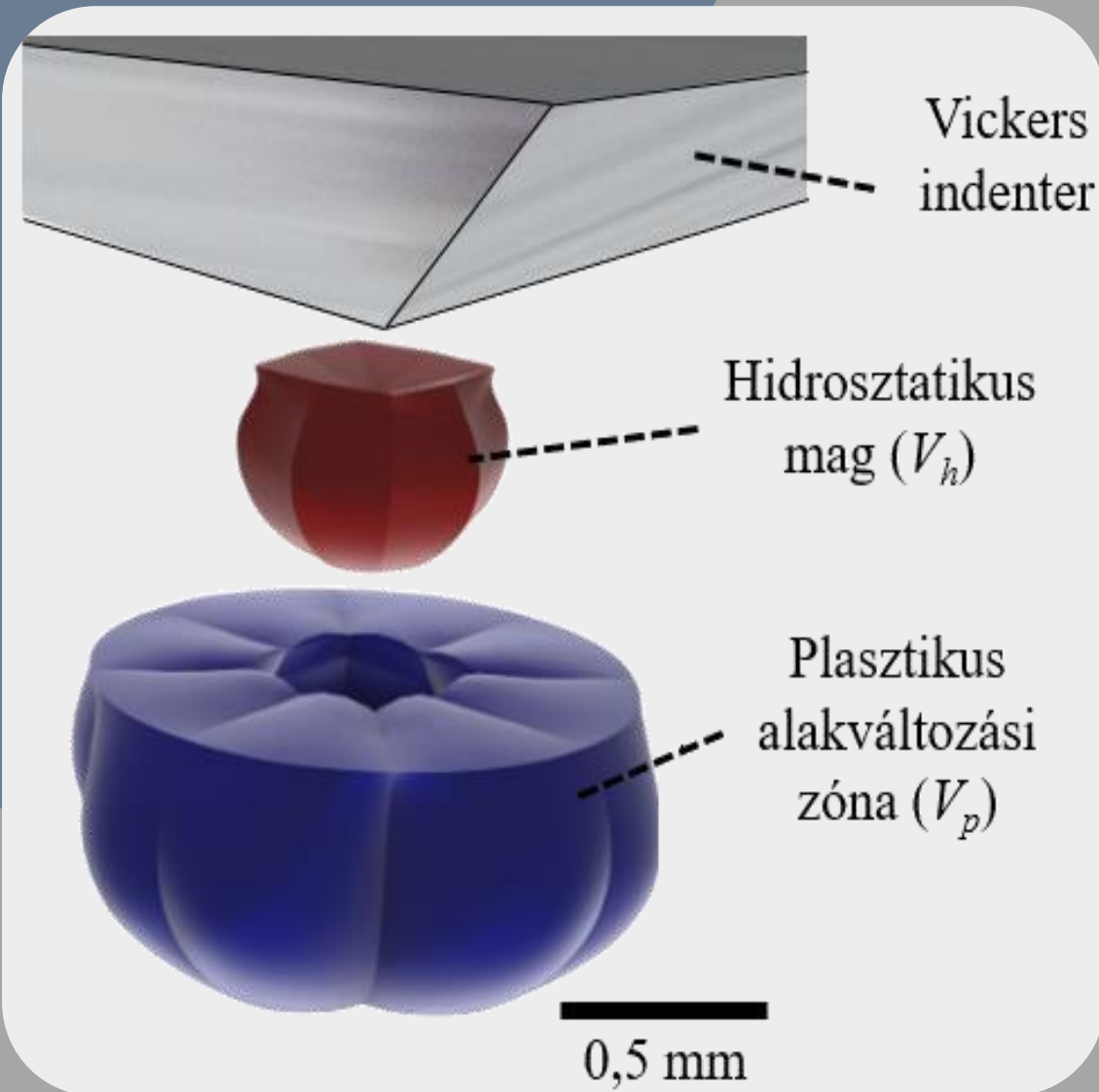
s - rétegvastagság, μm .

$$HV = \frac{1}{C_1 \cdot (F - C_0) + C_2} + C_3 \quad (1)$$

$$C_1 = \frac{1}{K_1 \cdot (s - K_2)} \quad (1.2)$$

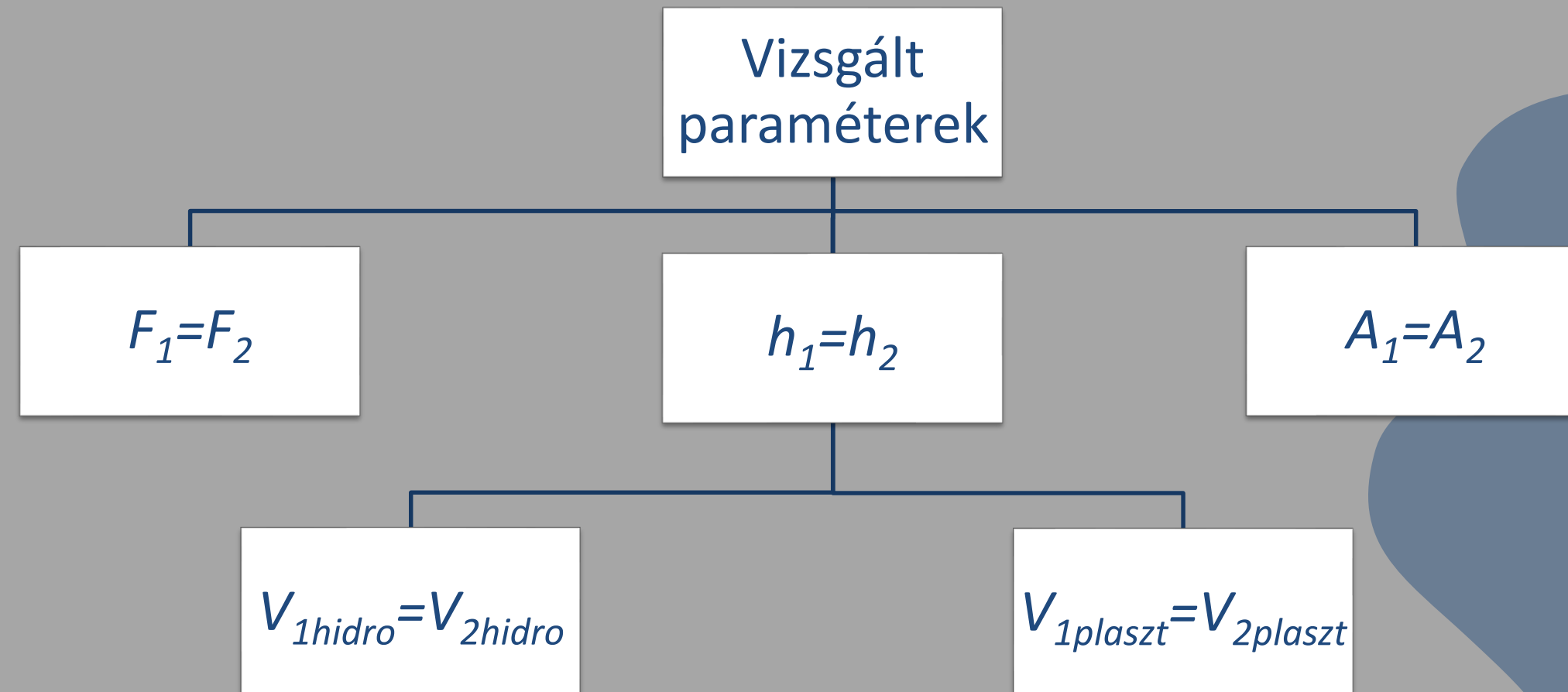
$$C_2 = \frac{1}{HV_1 - HV_2} \quad (1.3)$$

Vickers gúla és ekvivalens kúp vizsgálata

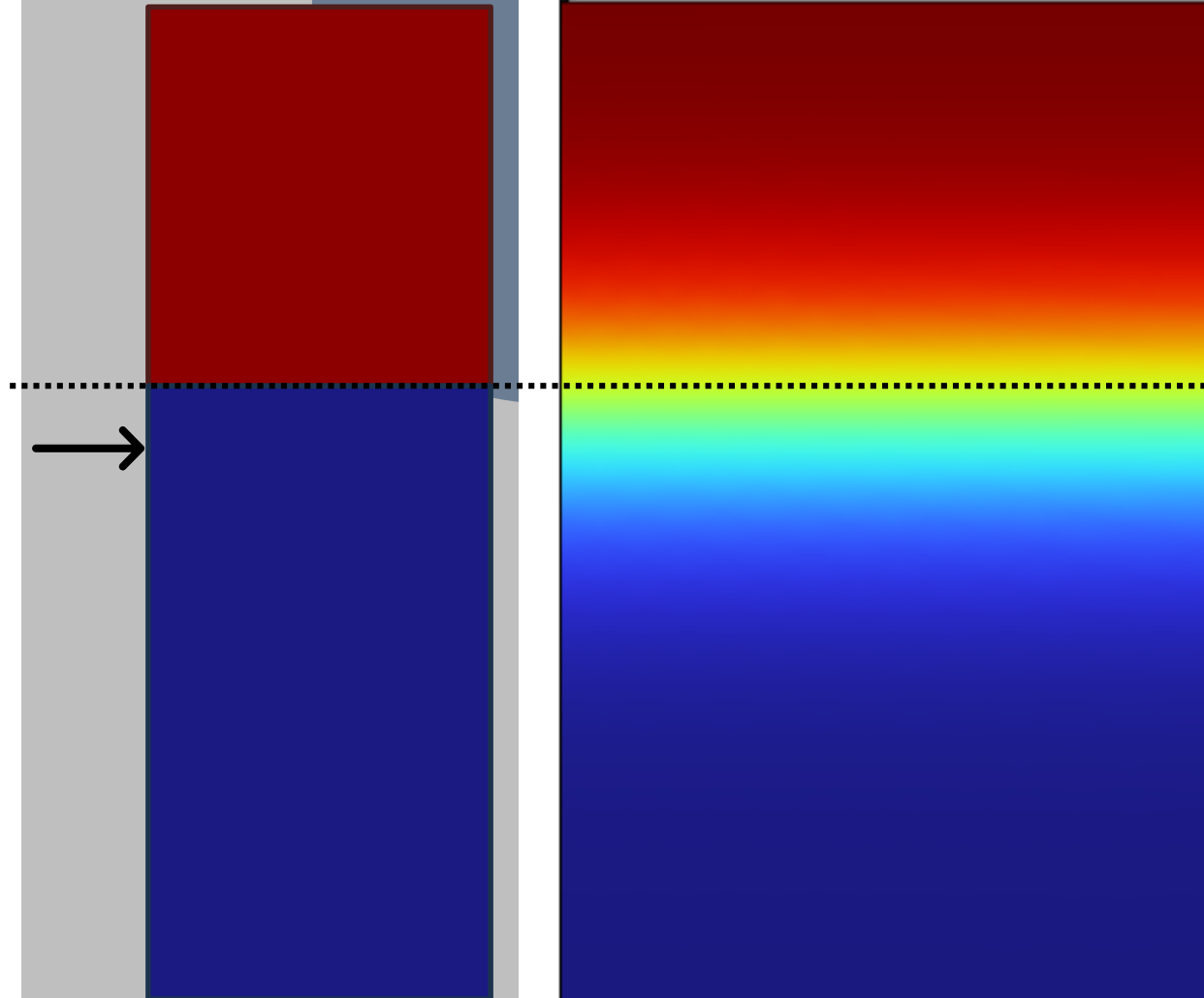
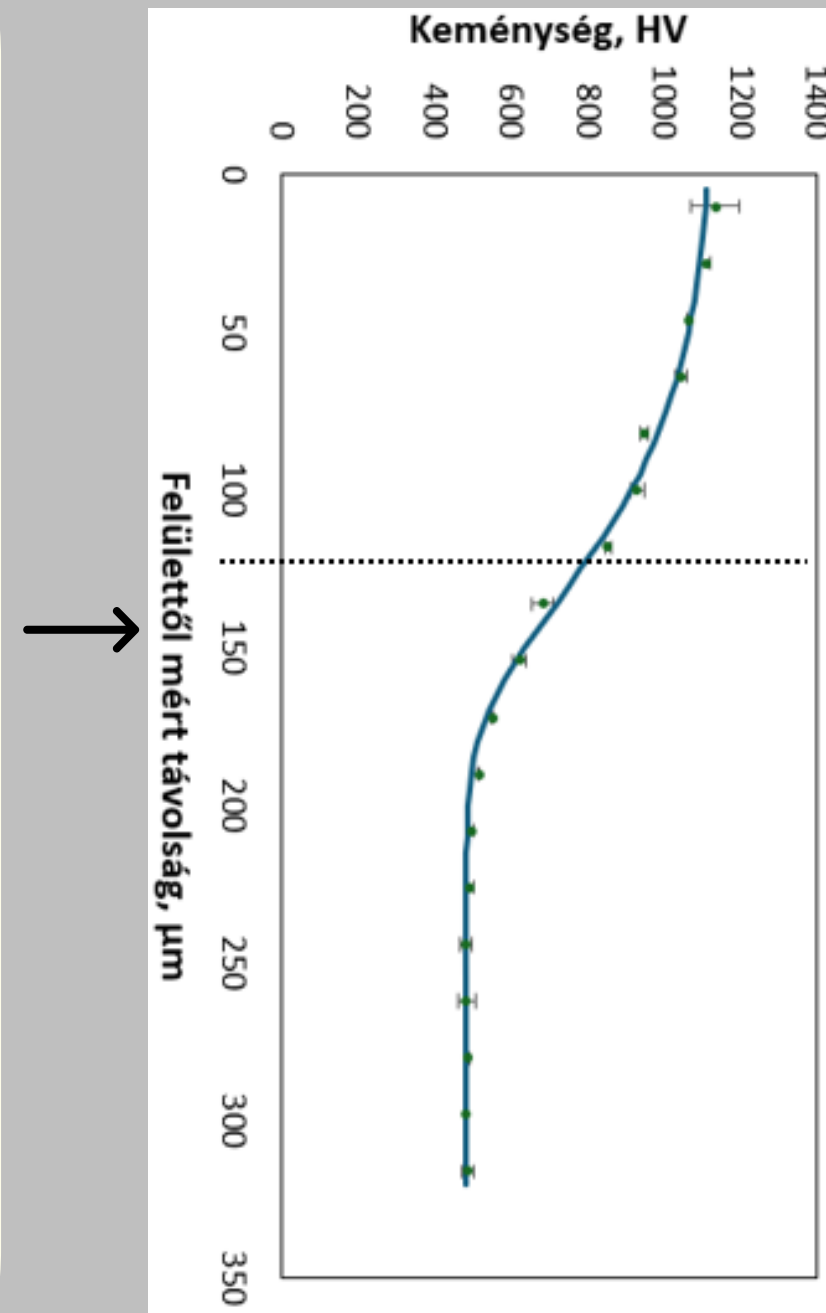
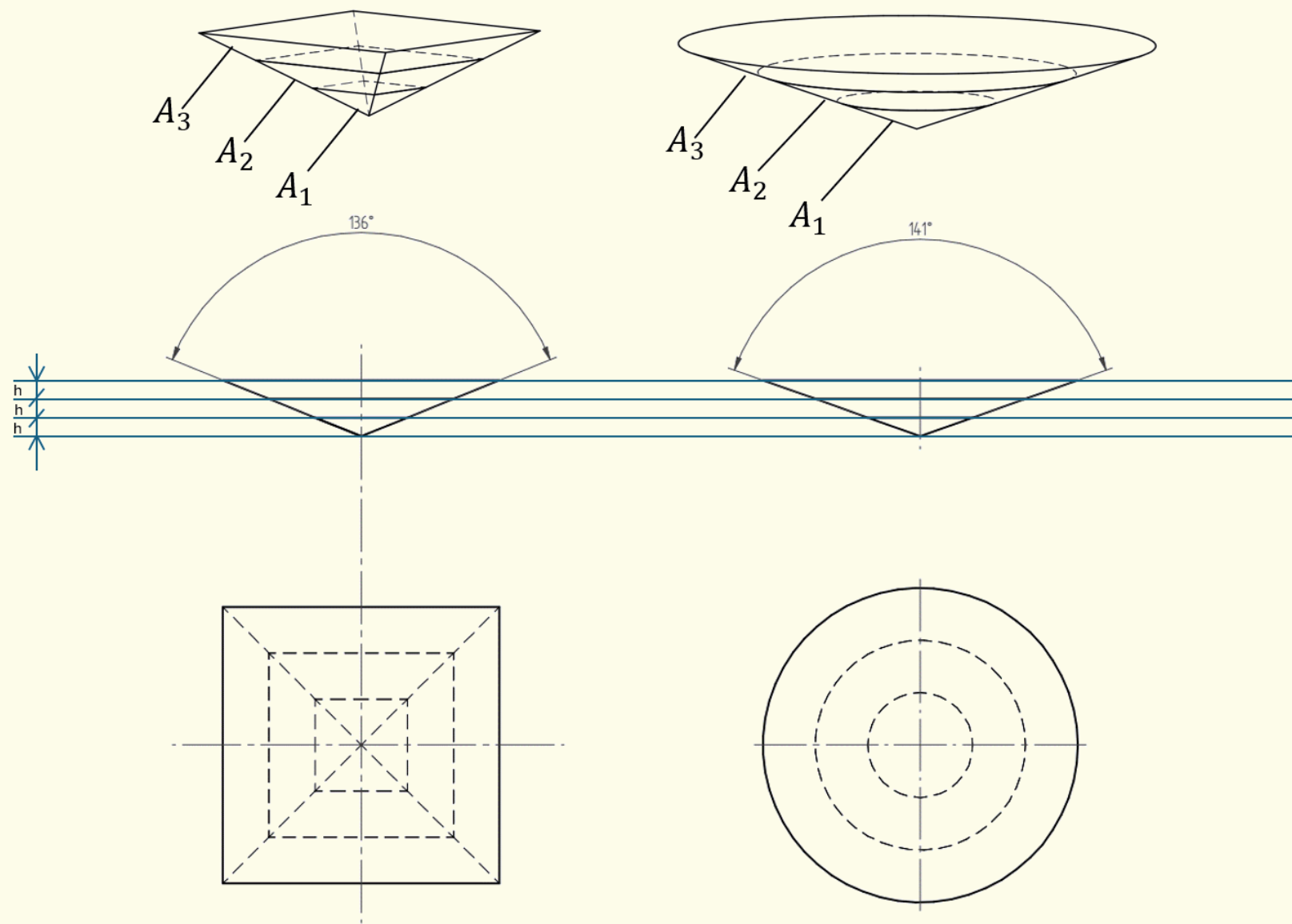


3D modellezési probléma:

- Nagy teljesítmény igény
- 2D kontúr vizsgálat
- Tér nyolcad
- Metszett csomópontok
- 3D - 2D konverzió
- Nyomott felület nagyságának vizsgálata



Végeselemes szimulációkkal bizonyítandó



**Köszönöm a
megtisztelő figyelmet!**